

Rec'd PCT/PTO 14 JAN 2004

REC'D 15 AUG 2003

WIPO PCT

10/521544

PCT/JP 03/08365

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

01.07.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2002年 7月16日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2002-206581  
[ST. 10/C]: [JP2002-206581]

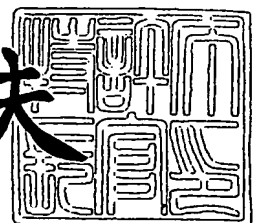
出 願 人  
Applicant(s): ナイトライド・セミコンダクター株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 8月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 442-0002

【提出日】 平成14年 7月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県鳴門市瀬戸町明神字板屋島115番地の7 ナイトライド・セミコンダクター株式会社内

【氏名】 菅原 智也

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県徳島市八万町中津浦174-4

【氏名】 酒井 士郎

【特許出願人】

【識別番号】 500221563

【氏名又は名称】 ナイトライド・セミコンダクター株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075258

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 研二

【電話番号】 0422-21-2340

【選任した代理人】

【識別番号】 100096976

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 純

【電話番号】 0422-21-2340

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001753

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成されたGa<sub>2</sub>N系発光層を有する窒化ガリウム系化合物半導体装置であって、

前記発光層は、InGa<sub>2</sub>N井戸層とAlInGa<sub>2</sub>Nバリア層を積層した量子井戸層を含むことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項2】 請求項1記載の装置において、

前記InGa<sub>2</sub>N井戸層のIn組成は5%以上15%以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項3】 請求項1記載の装置において、

前記InGa<sub>2</sub>N井戸層のIn組成は7%以上13%以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項4】 請求項1記載の装置において、

前記InGa<sub>2</sub>N井戸層の厚さは1nm以上2nm以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項5】 請求項1記載の装置において、

前記InGa<sub>2</sub>N井戸層の厚さは1.3nm以上1.8nm以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項6】 請求項1記載の装置において、

前記AlInGa<sub>2</sub>Nバリア層のAl組成は14%以上40%以下であり、In組成は0.1%以上5%以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項7】 請求項1記載の装置において、

前記AlInGa<sub>2</sub>Nバリア層のAl組成は16%以上30%以下であり、In組成は0.5%以上3%以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項8】 請求項1記載の装置において、さらに、

前記発光層に隣接したAlInGa<sub>2</sub>Nバッファ層

を有することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載の装置において、

前記  $\text{AlInGaN}$  バッファ層の  $\text{Al}$  組成は 0.5% 以上 30% 以下であり、  
 $\text{In}$  組成は 0.1% 以上 5% 以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物  
半導体装置。

【請求項 10】 請求項 8 記載の装置において、

前記  $\text{AlInGaN}$  バッファ層の  $\text{Al}$  組成は 1% 以上 20% 以下であり、 $\text{In}$   
組成は 0.5% 以上 3% 以下であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導  
体装置。

【請求項 11】 請求項 1 記載の装置において、

前記  $\text{InGaN}$  井戸層及び  $\text{AlInGaN}$  バリア層は、750℃ 以上で形成さ  
れたものであることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は窒化ガリウム ( $\text{GaN}$ ) 系化合物半導体装置、特に約 375 nm 以下  
の波長帯で発光する発光素子の構造に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、 $\text{InGaN}$  を発光層とした波長 375 nm ~ 600 nm 帯の LED  
が開発されている。 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  は、 $\text{In}$  組成  $x$  を変化させることで発光波長  
が変化する。すなわち、 $\text{In}$  組成  $x$  が増大するほど発光波長が長波長側にシフト  
し、 $x = 0$  の場合 ( $\text{GaN}$ ) の 363 nm から  $x = 1$  の場合 ( $\text{InN}$ ) の 600  
nm まで変化する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

一方、最近においては波長 375 nm 以下の短波長あるいは紫外線 (UV) LED  
の開発が盛んに行われている。このような短波長 LED は、例えば蛍光体と  
組み合わせた白色光源や殺菌作用を利用した応用が可能となる等、その需要は極

めて大きい。しかしながら、InGa<sub>N</sub>を発光層としたLEDでは、発光波長が375nm以下になるとIn組成 $x$ が非常に小さくなり、In組成揺らぎが減少して発光効率が著しく低下してしまう。さらに、波長363nm以下の発光は、InGa<sub>N</sub>を発光層とする限り原理的に不可能である。

#### 【0004】

本発明は、上記従来技術の有する課題に鑑みなされたものであり、その目的は、波長375nm以下においても発光効率の優れるGa<sub>N</sub>系化合物半導体装置を提供することにある。

#### 【0005】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、基板上に形成されたGa<sub>N</sub>系発光層を有する窒化ガリウム系化合物半導体装置であって、前記発光層は、InGa<sub>N</sub>井戸層とAlInGa<sub>N</sub>バリア層を積層した量子井戸層を含むことを特徴とする。

#### 【0006】

前記InGa<sub>N</sub>井戸層のIn組成は5%以上15%以下であることが好適であり、7%以上13%以下であることがより好適である。

#### 【0007】

前記InGa<sub>N</sub>井戸層の厚さは1nm以上2nm以下であることが好適であり、1.3nm以上1.8nm以下であることがより好適である。

#### 【0008】

前記AlInGa<sub>N</sub>バリア層のAl組成は14%以上40%以下であり、In組成は0.1%以上5%以下であることが好適であり、前記AlInGa<sub>N</sub>バリア層のAl組成は16%以上30%以下であり、In組成は0.5%以上3%以下であることがより好適である。

#### 【0009】

本発明の装置において、さらに、前記発光層に隣接したAlInGa<sub>N</sub>バッファ層を有することが好適である。

#### 【0010】

前記AlInGa<sub>N</sub>バッファ層のAl組成は0.5%以上30%以下であり、

In組成は0.1%以上5%以下であることが好適であり、前記AlInGaNバッファ層のAl組成は1%以上20%以下であり、In組成は0.5%以上3%以下であることがより好適である。

#### 【0011】

また、前記InGaN井戸層及びAlInGaNバリア層は、750℃以上で形成されたものとするのが好適である。

#### 【0012】

このように、本発明の半導体装置は、発光層としてInGaN層とAlInGaN層の量子井戸構造を有する。AlInGaNバリア層のバンドギャップはInGaNのバンドギャップより広く、InGaN井戸層の実効的バンドギャップが拡大して発光波長が短波長化する。また、AlInGaNをバリア層として用いることで、InGaN井戸層との格子不整合が小さくなり、歪みを低減して発光効率を向上させる。さらに、発光層に隣接してAlInGaNバッファ層を設けることで、キャリアを効率的に発光層に注入して発光効率を向上させる。

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面に基づき本発明の実施形態について、半導体装置として発光素子、特にLEDを例にとり説明する。

#### 【0014】

図1には、本実施形態におけるLEDの構成が示されている。サファイアなどの基板10上に順次、SiNバッファ層12、低温(LT)成長バッファ層14、アンドープGaN層16が形成される。これらは、転位を低減するための層である。アンドープGaN層16上に動作電圧を低くするためのn-GaN層18が形成される。n-GaN層18上に、n-クラッド層20としてGaNとAlGaNを交互に積層した(n-GaN/n-AlGaN)のSLS(Strained Layer Superlattice:歪み超格子)層が形成される。そして、n-クラッド層20上に、AlInGaNバッファ層22及び発光層24が形成される。発光層24は後述のごとく、InGaN井戸層とAlInGaNバリア層を積層した多層量子井戸構造MQWからなる。発光層24上にp-クラッド層26としてGaNと

AlGaInを積層した ( $p\text{-GaIn}/p\text{-AlGaIn}$ ) のSLS層が形成される。すなわち、本実施形態のLEDは、AlInGaInバッファ層22とMQW発光層24をn及びpのクラッド層で挟んだ構成である。p-クラッド層26上に動作電圧を低くするためのp-GaN層28が形成され、さらにp-GaN層28上にp電極30が形成される。一方、n-GaN層18の一部を露出させ、その上にn電極32が形成される。各層は、MOCVD法で成長される。

#### 【0015】

従来においては、発光層24としてInGaIn等が用いられているが、本実施形態においては、発光層24としてInGaIn井戸層とAlInGaInバリア層を交互に積層した多層量子井戸構造が用いられており、さらに発光層24をn-クラッド層20及びp-クラッド層26で挟む際に発光層24に隣接させてAlInGaInバッファ層22が形成されている。

#### 【0016】

以下、発光層24及びバッファ層22について説明する。

#### 【0017】

図2には、図1における発光層24の構成が示されている。発光層24は、InGaIn井戸層24bと $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ バリア層24aを交互に積層して構成される。ここで、 $y > 0$ である。InGaIn井戸層24bの厚さは例えば1.5nmであり、AlInGaInバリア層24aの厚さは例えば12nmである。繰り返し数は例えば7ペア(14層)である。AlInGaInバリア層24aのバンドギャップはInGaIn井戸層24bのバンドギャップよりも広い。バイアスを印加すると、InGaIn井戸層24bにて電子と正孔が結合して発光する。InGaIn単層では原理的に波長363nm以下での発光は不可能であるが、井戸層とバリア層を交互に積層したMQWとすることで、InGaIn井戸層24bの実効的バンドギャップが拡大される。実効バンドギャップの拡大により、波長363nm以下での発光が可能となる。発光領域であるInGaIn井戸層24bはIn組成が比較的大きく(例えば、In組成 $x = 10\%$ )、In組成揺らぎも大きいため発光効率が高い。すなわち、組成に空間的な揺らぎがあるとキャリアの局在化が起こり、たとえInGaIn内に転位が生じていても発光効率は低

下しにくい。

#### 【0018】

また、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ バリア層24aもInを含むため( $y > 0$ )、Inの組成揺らぎが生じ、井戸層24bと同様の理由でキャリアの局在化が生じ転位の存在によらず発光効率の低下が抑制される。バリア層24aとしてInを含まないAlGa $\text{N}$ バリア層を用いた場合と比較すると、AlInGa $\text{N}$ ではInGa $\text{N}$ 井戸層24bとの格子不整合が小さく、格子不整合転位が生じにくく結晶性が高いというメリットがある。また、転位が発生しない場合であっても、AlInGa $\text{N}$ では井戸層24bとバリア層24aに生じる歪みが小さくなる。これらの層をc面成長させ、面内に圧縮あるいは引張応力が印加された場合、六方晶窒化物半導体は圧電性によりc軸方向に電界が発生する。この電界は、井戸層24b中に注入された電子正孔対を逆方向に移動させ、それらの波動関数の空間重なりを小さくして再結合率を小さくしてしまう。すなわち、井戸層24bに歪みがあると発光効率は低下する。このような効果(量子閉じ込めシュタルク効果)は、特に井戸層24bが広い場合に顕著に生じるが、井戸層24bが狭い場合であっても多少の影響はあり得る。本実施形態においては、バリア層24aとしてAlInGa $\text{N}$ を用いて格子不整合を小さくし、井戸層24bの歪みを抑制しているため、量子閉じこめシュタルク効果による発光効率の低下も抑制される。

#### 【0019】

このように、発光層24においてInGa $\text{N}$ 井戸層24bを薄く、AlInGa $\text{N}$ バリア層24aのバンドギャップを広くすることで、量子効果によりInGa $\text{N}$ 井戸層24bの実効的なバンドギャップを広げて発光波長360nm以下を達成できる。この点で、例えばInGa $\text{N}$ ではなくAlInGa $\text{N}$ を発光層として用いる波長380nm以下のLEDと本質的に異なる。

#### 【0020】

InGa $\text{N}$ を発光層とするLEDの場合、InGa $\text{N}$ 層の厚さが2nm以下になると発光効率が低下してしまう。これは、井戸層に閉じ込められた電子と正孔の波動関数がバリアの中(井戸の外)に滲み出し、バリア中での再結合の寄与が大きくなってしまうためである。本実施形態でも量子効果を生じさせるためにI

nGaIn井戸層24bは2nm以下と薄くすることが必要であるが、本実施形態の発光層24はInGaIn薄膜を発光層とした場合に生じる発光効率の低下は生じない。その理由は、バリア層24aとしてAlInGaInを用いているため、上述したようにInGaIn井戸層24bのバンドギャップが実効的に拡大し、波動関数のバリア層24aへのしみ出しが小さくなっているためである。

#### 【0021】

なお、バリア層24aであるAlInGaInはAlを含むためにその成長温度はInGaInの成長温度(650℃~750℃)より高い温度(例えば800℃)とする必要がある。このように750℃以上の温度で成長させることで、バリア層24aの結晶性も高くなる。

#### 【0022】

一方、バッファ層22はAlInGaInで構成される。Alを含むため、バンドギャップが広くなり、井戸層24bよりも広くなる。この層22により井戸層24bへの電子の注入効率が向上し、逆に正孔がバッファ層22に流れこむ量を小さくして、電子・正孔を効率的に井戸層24b内に閉じ込める。

#### 【0023】

以下、図1及び図2に示されたLEDの製造方法について具体的に説明する。本実施形態のLEDは以下のプロセスを経て製造される。すなわち、常圧MOCVD装置にて、サファイアc面基板10を反応管内のサセプタに載置し、1100℃にて水素雰囲気中で10分間熱処理する。その後、温度を500℃まで下げる。モノメチルシランガスとアンモニアガスをガス導入管から100秒間流し、基板10上に不連続的(或いは島状に)SiNバッファ層12を成長させる。次に、同じ温度で厚さ25nmのGaInNバッファ層(LTバッファ層)14をトリメチルガリウム及びアンモニアガスをガス導入管から供給して成長させる。そして、温度を1075℃まで上げ、再びトリメチルガリウム及びアンモニアガスを供給して厚さ2μmのアンドープGaInN層16を成長させ、次にモノメチルシランガスを加えたSiドープのn-GaInN層(n電極層)18を1.0μm成長させる。n-GaInN層18中のキャリア密度はおよそ $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

#### 【0024】

次に、同一温度でSiドープの $n\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  (2 nm) / Siドープの $n\text{-GaN}$  (2 nm) を50ペア成長させてSLS構造とし $n$ -クラッド層20を成長させる。 $\text{Al}$ の原料としてはトリメチルアルミニウム (TMA) が用いられる。 $n$ -クラッド層20の平均電子密度は $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ である。その後、温度を800℃程度まで下げてアンドープ $\text{Al}_{0.05}\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$ バッファ層22を成長させる。バッファ層22の厚さは36 nmである。成長温度が800℃と低いため、その抵抗率は高くなる。 $\text{AlInGaN}$ バッファ層22を成長させた後、同じ800℃でアンドープ $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  (1.5 nm) / アンドープ $\text{Al}_{0.2}\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$  (95 nm) を7ペア成長させてMQW発光層24を成長させる。発光層24の合計厚さは95 nmである。

#### 【0025】

その後、温度を975℃まで上げてMgドープの $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$  (2 nm) / Mgドープの $p\text{-GaN}$  (1 nm) を50周期成長させてSLS構造の $p$ -クラッド層26を成長させ、さらに厚さ20 nmの $p\text{-GaN}$ 層 ( $p$ 電極層) 28を成長させる。SLSの $p$ -クラッド層26及び $p\text{-GaN}$ 層28中の正孔濃度はそれぞれ $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ である。

#### 【0026】

表1に、各層の構造、組成、膜厚、成長温度を示す。

#### 【0027】

【表1】

名称	構造	組成	膜厚	成長温度
p電極層	$p^+\text{-GaN}$		20nm	975
pクラッド層	$p\text{-(GaN1nm/AlGa2nm)}$ 50 SLS	Al: ~10%	150nm	975
発光層(井戸層/バリア層)	InGa1.5nm/AlInGa12nm 7MQW	井戸(In: ~10%), 障壁(In: 1%, Al~20%)	95nm	800
バッファ層	Si-AlInGa36nm	In: 1%, Al~5%	36nm	800
nクラッド層	$n\text{-(Ga2nm/AlGa2nm)}$ 50 SLS	Al: ~10%	200nm	1075
n電極層	$n\text{-GaN}$		1 $\mu\text{m}$	1075
アンドープGaN層	$u\text{-GaN}$		2 $\mu\text{m}$	1075
低温成長バッファ層	LT-GaN		25nm	500
SiNバッファ層	SiN			500
基板	サファイア			

以上のようにして各層を順次成長させた後、ウェハをMOCVD装置から取り

出し、Ni (10 nm)、Au (10 nm) を順次真空蒸着して表面に形成し、5%の酸素を含む窒素ガス雰囲気中、520℃で熱処理して蒸着金属膜をp透明電極30とする。その後、全面にフォトリソを塗布し、n電極形成のためのエッチングをフォトリソをマスクとして用いる。エッチングにより露出したn-GaN層18上にTi (5 nm)、Al (5 nm) を真空蒸着し、窒素ガス中、450℃で30分間熱処理してn電極32を形成する。p電極30及びn電極32の一部にワイヤボンディング用の厚さ500 nmの金パッドを形成し、基板10の裏面を100  $\mu$ mまで研磨してスクラブによりチップを切り出し、マウントしてLEDデバイスが得られる。

#### 【0028】

以上のようにして作成されたLEDデバイスを積分球の中に入れ、電流を注入してLEDデバイスから出射した全光出力を測定した。光出力は注入電流20 mA時におよそ1.6 mWであった。発光波長は、2インチ直径のウエハ面内で多少のばらつきはあるものの、360 nm $\pm$ 5 nmの範囲であった。

#### 【0029】

次に、発光層24におけるバリア層24aのバンドギャップの影響を確認すべく、バリア層24aの成長中に流す各種ガスのうち、TMA (トリメチルアルミニウム) の流量のみを変化させてLEDデバイスを作成し、作成したLEDの発光効率を調べた。

#### 【0030】

図3にその結果が示されている。横軸はバリア層24a成長中のTMA流量 (フローレート: sccm) であり、容器に流し込むガスの流量を相対値で示したものである。縦軸は発光強度の相対値で、積分球を使って測定した値のおよそ1/4である。TMA流量を7 sccmから10 sccmに増加させると、発光効率は2.6倍になる。この状態で成長させたバリア層24aの組成は、In組成が約1%、Al組成が約20%であった。Al組成はTMA流量にほぼ比例するため、バリア層24aのAl組成は14% (20 $\times$ 7 sccm/10 sccm) より大きいことが発光効率の観点から望ましい。一方、あまりにAl組成が大きいと電流注入が行われにくくなり、動作電圧も高くなる。したがって、バリア層

2 4 a の A l 組成はその下限が発光効率から規定され、上限は動作電圧から規定されることとなり、具体的には 1 4 % 以上 4 0 % 以下が望ましく、1 6 % 以上 3 0 % 以下がより望ましい。

#### 【0 0 3 1】

バリア層 2 4 a の I n 組成については、I n 組成が増大するとともにバンドギャップが狭くなるので、I n 組成は小さい方が望ましいが、I n 組成がゼロの場合には発光効率が激減する。これは、I n 組成揺らぎがバリア層 2 4 a 中で生じ、発光効率改善に寄与しているためと考えられる。したがって、バリア層 2 4 a の I n 組成はその下限が組成揺らぎ量から規定され、上限がバンドギャップから規定されることとなり、具体的には 0 . 1 % 以上 5 % 以下が望ましく、0 . 3 % 以上 3 % 以下がより望ましい。

#### 【0 0 3 2】

一方、井戸層 2 4 b の I n 組成は、小さすぎると I n 組成揺らぎが小さくなって発光効率が低下し、I n 組成が大きすぎると発光波長が長波長側にシフトしてしまう。したがって、最適な I n 組成は要求される発光波長と井戸層 2 4 b の厚さに依存して決定される。例えば、発光波長が 3 6 0 n m の場合には、5 % 以上 1 5 % 以下が望ましく、7 % 以上 1 3 % 以下がより望ましい。厚さに関しては、量子効果を出現させるべく 1 n m 以上 2 n m 以下が望ましく、1 . 3 n m 以上 1 . 8 n m 以下がより望ましい。井戸層 2 4 b の厚さを 3 n m 以上とすると、発光波長は 4 0 0 n m となることを確認している。井戸層 2 4 b 及びバリア層 2 4 a の成長温度は、上述したように 7 5 0 ° C 以上が望ましく、7 7 0 ° C 以上（例えば 8 0 0 ° C ）がより望ましい。

#### 【0 0 3 3】

次に、発光層 2 4 におけるバリア層 2 4 a の成長中に流す TMA の流量を 1 0 s c c m に固定し、A l I n G a N バッファ層 2 2 成長中に流す TMA を変化させて発光効率の変化を測定した。

#### 【0 0 3 4】

図 4 にその結果が示されている。図において、横軸は TMA 流量（フローレート）で相対値である。縦軸は出力パワーの相対値である。TMA 流量をゼロから

3 s c c mに増加すると発光強度が2.7倍になる。さらにTMA流量を10 s c c mまで増加すると発光強度は逆に低下する。TMAがゼロの場合に発光強度が弱いのは、バッファ層22のバンドギャップが狭いため(A1組成が0であるため)電子がバッファ層22から発光層24に有効に注入されないため、あるいは正孔がバッファ層22中に流れ出して正孔の井戸層24b中の閉じこめが不十分であるため、と考えられる。一方、A1組成が大きすぎると発光効率が低下するのは、結晶性が低下するため、及びこの層のバンドギャップが広くなり過ぎ、n-クラッド層20から電子が注入されにくくなるためと考えられる。

#### 【0035】

したがって、AlInGaNBuffa層22のA1組成は0.5%以上30%以下が望ましく、1%以上20%以下がより望ましい。AlInGaNBuffa層22のIn組成については、In組成がゼロの場合に発光効率が激減することを確認している。これは、In組成の揺らぎがBuffa層22内で起き、発光効率の改善に寄与しているためと考えられる。したがって、AlInGaNBuffa層22のIn組成は0.1%以上5%以下が望ましく、0.5%以上3%以下がより望ましい。

#### 【0036】

このように、本実施形態では、発光層24として所定の組成範囲のInGaNとAlInGaNの多層量子井戸を用いてInGaNの実効的バンドギャップを拡大して340nm~375nmの発光を可能とし、また、バリア層としてAlInGaNを用いることで発光効率を向上させ、さらに発光層に隣接して所定の組成範囲のAlInGaNBuffa層を設けることでキャリアを効率的に注入して発光効率を向上させることができる。

#### 【0037】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく種々の変更が可能である。

#### 【0038】

例えば、本実施形態ではSiNBuffa層12を形成しているが、転位を抑制するためのものであり、必要に応じてSiNBuffa層12を形成しなくてもよ

い。

### 【0039】

また、SiNバッファ層12と低温(LT)成長バッファ層14を低温成長のGaNPバッファ層で置き換えることも可能である。

### 【0040】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば波長375nm以下においても発光効率に優れた半導体装置を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 実施形態にかかるLEDの構成図である。

【図2】 図1における発光層の詳細構成図である。

【図3】 バリア層中に流すTMAの流量と出力パワーとの関係を示すグラフ図である。

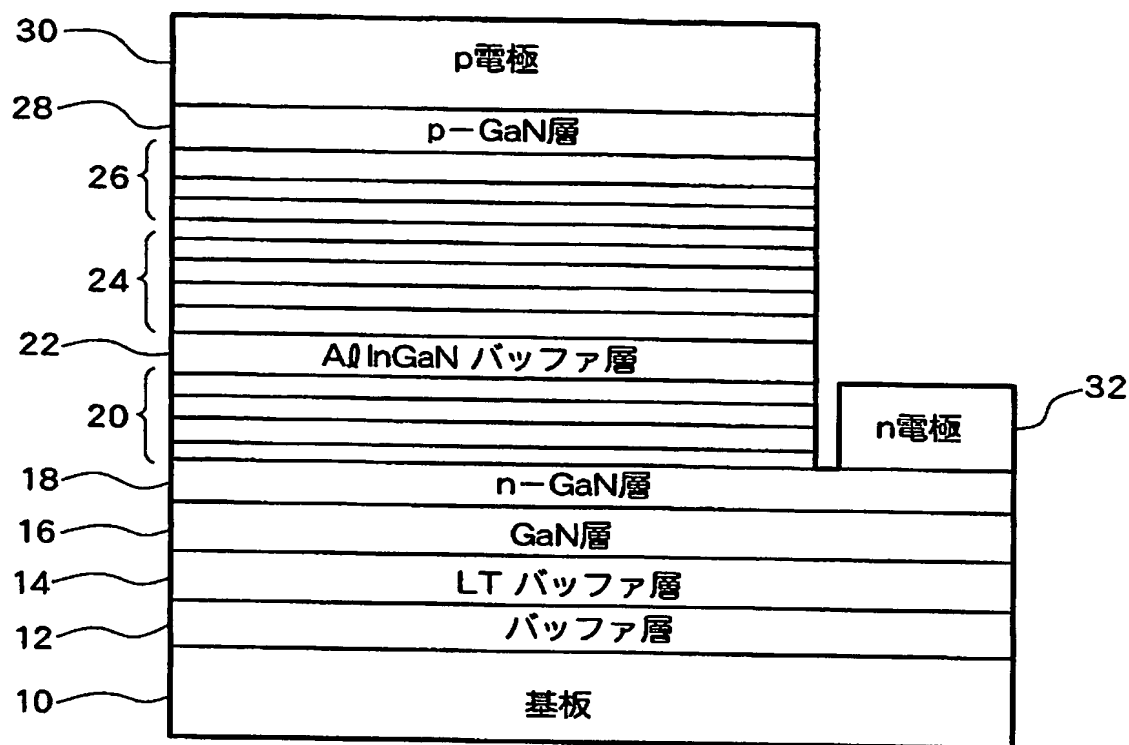
【図4】 バッファ層中に流すTMAの流量と出力パワーとの関係を示すグラフ図である。

#### 【符号の説明】

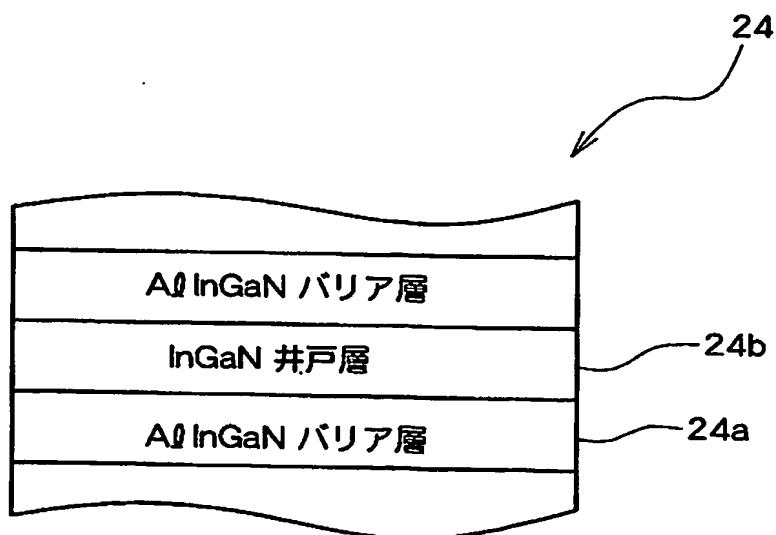
10 基板、12 バッファ層、14 LTバッファ層、16 GaN層、18 n-GaN層、20 n-クラッド層、22 AlInGaNバッファ層、24 発光層、26 p-クラッド層、28 p-GaN層、30 p電極、32 n電極。

【書類名】 図面

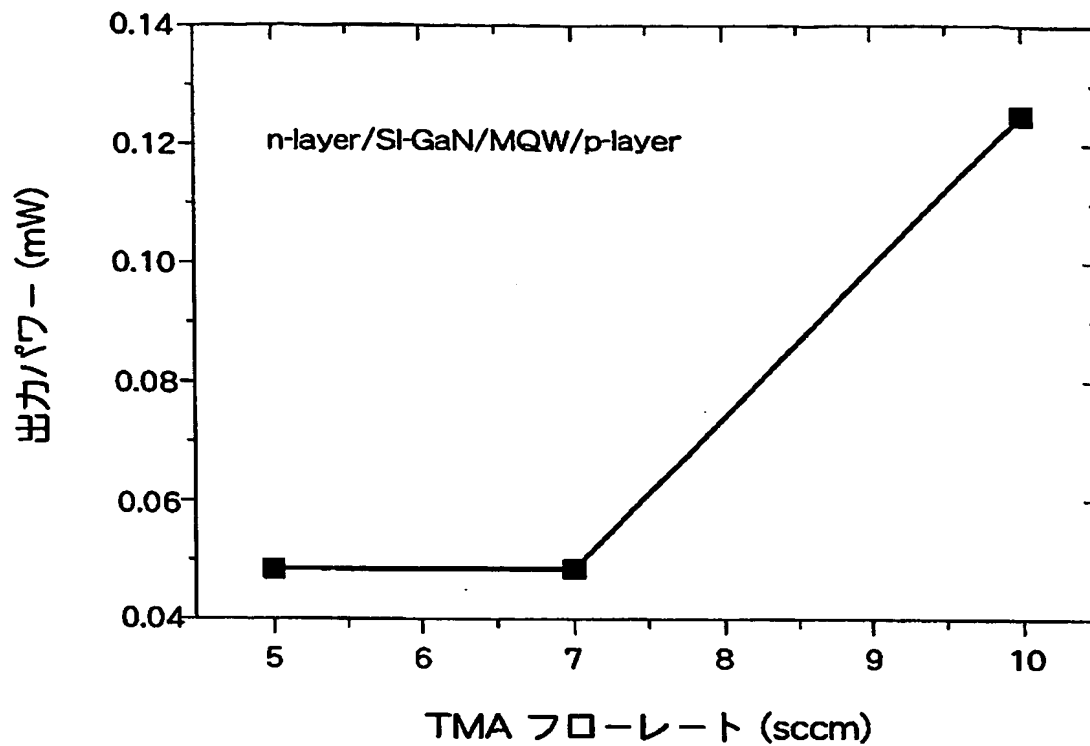
【図1】



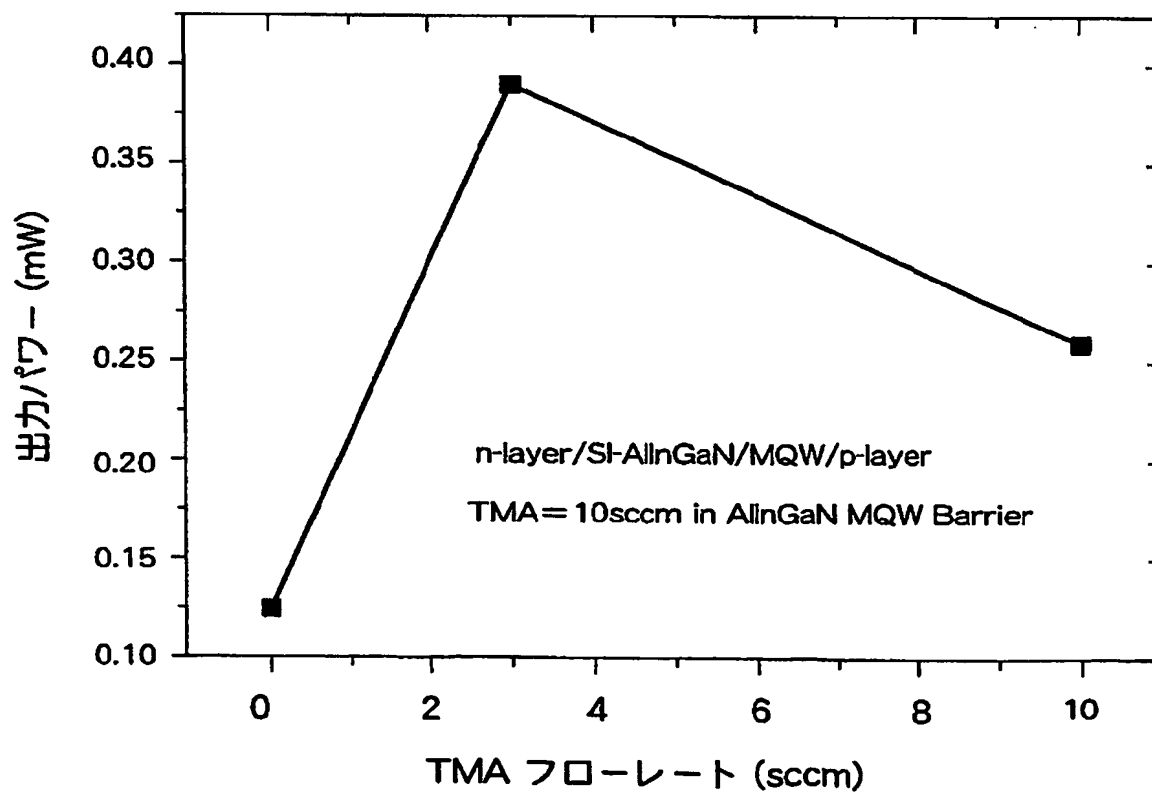
【図2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 波長375nm以下で発光効率に優れたLEDを提供する。

【解決手段】 LEDは基板10上にGaN層、n-クラッド層20、AlInGaNバッファ層22、発光層24、p-クラッド層26、p電極30、n電極32を形成して構成される。発光層24は、InGaN井戸層とAlInGaNバッファ層を積層した多層量子井戸構造である。量子井戸構造によりInGaN井戸層の実効的なバンドギャップを拡大させて発光波長を短波長化する。また、AlInGaNバッファ層22を用いることで電子を効率的に発光層24に注入し、発光効率を増大させる。

【選択図】 図1

特願 2002-206581

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[500221563]

1. 変更年月日

2001年 7月10日

[変更理由]

住所変更

住 所

徳島県鳴門市瀬戸町明神字板屋島115番地の7

氏 名

ナイトライド・セミコンダクター株式会社